

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

CLIPPEDIMAGE= JP406097760A  
PUB-NO: JP406097760A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06097760 A  
TITLE: SURFACE ACOUSTIC WAVE ELEMENT AND MANUFACTURE OF SURFACE  
ACOUSTIC WAVE  
ELEMENT  
PUBN-DATE: April 8, 1994  
INVENTOR-INFORMATION:  
NAME  
SHIKADA, SHINICHI  
YAGOU, AKIHIRO  
NAKAHATA, HIDEAKI  
HIGAKI, KENJIRO  
INT-CL\_(IPC): H03H009/25; H03H003/08

US-CL-CURRENT: 29/25.35

ABSTRACT:

PURPOSE: To strengthen the element against an electromigration and a stress migration by constituting the element of copper electrode at least one side of which is subjected to epitaxial growth by gas phase growth on the surface of a diamond layer.

CONSTITUTION: On a substrate 1 using a semiconductor material such as Si, etc., a diamond thin film 2 is formed, and also, on the face of its crystal growth completion, a mask 3 is formed uniformly. Moreover, on the surface of the mask material 3, a resist material 4 is applied uniformly, and a resist pattern of an inversion pattern of an electrode pattern is formed. Thereafter, the mask material 3 is subjected to etching, the resist material 4 is eliminated, and in accordance with the mask pattern, copper electrodes 6, 7 are selectively subjected to epitaxial growth by gas phase growth on the diamond thin film 2. Subsequently, the mask material 3 is etched off by a wet etching method, etc., and next, a piezoelectric body thin film 8 whose main components are ZnO, etc., is formed by a CVD method. As a result, since the copper electrode is subjected to gas phase growth on the diamond thin film, an

electrode in which  
there is scarcely working damage can be obtained with high  
accuracy.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

TTL:

SURFACE ACOUSTIC WAVE ELEMENT AND MANUFACTURE OF SURFACE ACOUSTIC  
WAVE ELEMENT

CCXR:

29/25.35

FPAR:

CONSTITUTION: On a substrate 1 using a semiconductor material  
such as Si, etc.,  
a diamond thin film 2 is formed, and also, on the face of its  
crystal growth  
completion, a mask 3 is formed uniformly. Moreover, on the  
surface of the mask  
material 3, a resist material 4 is applied uniformly, and a  
resist pattern of  
an inversion pattern of an electrode pattern is formed.  
Thereafter, the mask  
material 3 is subjected to etching, the resist material 4 is  
eliminated, and in  
accordance with the mask pattern, copper electrodes 6, 7 are  
selectively  
subjected to epitaxial growth by gas phase growth on the diamond  
thin film 2.  
Subsequently, the mask material 3 is etched off by a wet etching  
method, etc.,  
and next, a piezoelectric body thin film 8 whose main components  
are ZnO, etc.,  
is formed by a CVD method. As a result, since the copper  
electrode is  
subjected to gas phase growth on the diamond thin film, an  
electrode in which  
there is scarcely working damage can be obtained with high  
accuracy.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平3-97760

(43)公開日 平成6年(1994)4月8日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 3 H 9/25	C	7259-5 J		
3/03		7259-5 J		

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全 8 頁)

(21)出願番号	特願平4-243319	(71)出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番33号
(22)出願日	平成 4 年(1992) 9 月11日	(72)発明者	鹿田 真一 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
		(72)発明者	八郷 昭広 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
		(72)発明者	中橋 英章 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
		(74)代理人	弁理士 深見 久郎 (外 3 名) 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 表面弾性波素子および表面弾性波素子の製造方法

(57)【要約】

【目的】 耐マイグレーション特性に優れ、電極が断線しにくく、信頼性の高い、また、耐用寿命の長い表面弾性波素子を提供する。

【構成】 ダイヤモンド層と、ダイヤモンド層上に形成される圧電体薄膜と、特定の波長の表面弾性波を発生し、これを取り出すために1対の電極とを備える表面弾性波素子であって、電極の少なくとも一方がダイヤモンド層の表面上に気相成長によりエピタキシャル成長させた銅電極であることと特徴とする。

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ダイアモンド層と、前記ダイアモンド層上に形成される圧電体薄膜と、特定の波長の表面弾性波を発生させ、これを取り出すための1対の電極とを備える表面弾性波素子であって、

前記電極の少なくとも一方が前記ダイアモンド層の表面上に気相成長によりエピタキシャル成長させた銅電極であることを特徴とする、表面弾性波素子。

【請求項2】 前記ダイアモンド層が単結晶ダイアモンド層であることを特徴とする、請求項1記載の表面弾性波素子。

【請求項3】 前記ダイアモンド層が高度配向性多結晶ダイアモンド層であることを特徴とする、請求項1記載の表面弾性波素子。

【請求項4】 基板上に気相合成によりダイアモンド層を形成する工程と、前記ダイアモンド層の表面上に気相成長により所定形状の銅電極を形成する工程とを備える、表面弾性波素子の製造方法。

【請求項5】 前記所定形状の銅電極を形成する工程は、前記ダイアモンド層の表面上に前記所定形状の電極パターンの反転パターンを形成する工程と、前記形成された反転パターンをマスクにし、露出するダイアモンド層表面上に銅を気相成長する工程とを備える、請求項4記載の表面弾性波素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、たとえば高周波フィルタなどに用いることのできる表面弾性波素子に関するものであり、特にダイアモンドを用いた表面弾性波素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】表面弾性波素子は、弾性体表面を伝搬する表面波を利用した電気-機械変換素子である。

【0003】図3は、表面弾性波素子を概略的に示す斜視図である。図3を参照してこの表面弾性波素子20は、圧電体28の上に1対の楕円電極26および27を形成することにより構成されている。楕円電極26に電気信号を印加すると、圧電体28に歪みが生じ、この歪みが表面弾性波となって圧電体28を伝搬し、もう一方の楕円電極27で電気信号として取出される。このように表面弾性波素子では、表面波の励振に圧電体の圧電現象が利用される。

【0004】この素子の周波数特性は、図3に示すように、楕円電極における電極の周期を $\lambda_0$ 、表面弾性波の速度を $V$ とすれば、 $f_0 = V/\lambda_0$ で定められる周波数 $f_0$ を中心とした帯域通過特性となる。

【0005】表面弾性波素子は、部品点数が少なく、小型にすることができ、しかも、表面波の伝搬経路上において信号の出入りが容易である。この素子は、フィルタ、遅延線、発振器、共振器、コンボルバ、および、相

2

関器に应用することができる。

【0006】特に、表面弾性波フィルタは、早くからテレビの中間周波数フィルタとして実用化され、さらに、VTRおよび各種の通信機器用フィルタに应用されてきている。

【0007】この表面弾性波素子は、 $\text{LiNbO}_3$ 、および、 $\text{LiTaO}_3$ 等の圧電体単結晶上に楕円電極を形成することによって製造されてきた。近年、 $\text{ZnO}$ 等の圧電体薄膜をガラス等の基板の上にスパッタ等の技術で成膜したものが用いられるようになってきている。しかしながら、ガラス上に成膜した $\text{ZnO}$ 等の圧電体薄膜は、通常配向性のある多結晶であり、散乱による損失が多く、100MHz以上の高周波帯で使用するには適していなかった。

【0008】一方、移動通信等の分野に用いられる表面弾性フィルタにおいては、より高い周波数域で使用される素子が望まれている。前述したように、電極周期 $\lambda_0$ がより小さくなるか、あるいは、表面波の速度 $V$ がより大きくなれば、素子の周波数特性はより高い中心周波数 $f_0$ を有するようになる。

【0009】そこで、弾性波がより早く伝搬される材料、たとえば、サファイアおよびダイアモンド等の上に圧電体膜を積層させた表面弾性波素子が開発されてきている（たとえば、特開昭54-38874号公報および特開昭64-62911号公報参照）。

【0010】特に、ダイアモンド中における音速は最も早くさらに熱的および化学的にも安定であるので、表面弾性波素子を形成する基板としてダイアモンドが注目されている。ダイアモンドを用いる表面弾性波素子は、生産性および価格の面から、基板上にダイアモンド薄膜を形成し、このダイアモンド薄膜上に圧電体薄膜を形成するものが主に検討されている。

【0011】図4は、従来のダイアモンドを用いた表面弾性波素子を概略的に示す断面図である。

【0012】図4を参照して、この表面弾性波素子30は、たとえば、シリコン等からなる基板31と、基板31上に形成されるダイアモンド薄膜32と、ダイアモンド薄膜32の表面上に金属薄膜をエッチングすることによりパターンニングされた楕円電極36、37と、楕円電極36、37が形成されたダイアモンド薄膜32の表面上に形成される圧電体層38、たとえば、 $\text{ZnO}$ 膜とを含む。この楕円電極36、37は、表面弾性波を発生させ、これを取り出すためのものであり、インターディジタル・トランスデューサ(IDT)電極とも称せられる。

【0013】従来、この楕円電極36、37の材料としては、抵抗率の小さい電位が好ましく、たとえば、 $\text{Au}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Mo}$ 、ならびに、 $\text{Ti}$ の上に $\text{Al}$ を形成するような2種類以上の金属を組合せたものなどが用いられる。中でも、楕円電極の材料としては、通常アルミニウムが用いられる。楕円電極の材料と

して、アルミニウムを用いるのは、電極の作製が容易であり、比重が小さく電気負荷質量効果が少なく、また伝導率が高いなどの長所を備えているためである。

【0014】また、櫛形電極の材料として、アルミニウムにTi、Ni、Mo、Pd等の耐マイグレーション特性に優れた添加物を微量添加した材料を用いた表面弾性波素子が知られている（たとえば、特開平3-40510号公報参照）。

【0015】櫛形電極は、従来以下の工程により作製される。まず、ダイヤモンド層の表面上に均一に電極用金属をMOCVD法や、蒸着法や、スパッタ等により成膜する。次にレジストを電極用金属の表面上に均一に布し、ガラス等の透明平板に電極のパターンを形成したマスクを載せたのち、水銀ランプ等を用いて露光し、レジストパターンを形成する。このレジストパターンを形成する工程は、電子ビーム法により形成することもある。次に、所望の電極のレジストパターンが形成されたレジストをマスクとして、ウェットエッチング法や、反応性イオンエッチング(Reactive Ion Etching: RIE)法により櫛形電極を作製する。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のアルミニウム電極を有する表面弾性波素子は、故障したり、アルミニウム電極が断線しやすいという問題があった。基板および/または薄膜による応力、圧電によるひずみ等が原因となって、特に、櫛形電極をサブミクロン以下の微細配線にすると、このような断線が発生しやすい傾向があった。このような櫛形電極の断線は、表面弾性波素子の不良の原因となったり、ひいては、表面弾性波素子に対する信頼性の低下の原因となったりしていた。

【0017】従来のアルミニウム電極は、結晶学的には、結晶が不均一に配向した多結晶アルミニウムにより形成される。ダイヤモンドの格子定数は、約3.567Åであり、Alの格子定数は、約4.050Åである。

【0018】そして、Alのダイヤモンドに対する格子不整合は、13.5%である。このように、アルミニウムとダイヤモンドとは格子不整合が大きいため、アルミニウムをダイヤモンド上に気相成長すると、アルミニウムはエピタキシャル成長しない。

【0019】ダイヤモンド上に気相成長されたアルミニウムは、エピタキシャル欠陥や損傷や、異常成長した結晶を含む、結晶が不均一に配向した多結晶アルミニウムとなる。このような結晶が不均一に配向した多結晶アルミニウムからなるAl電極は、エレクトロマイグレーションにより、たとえば、(111)内に滑りが発生する等し、結晶が不均一な部分において、ポイドが生成され、ポイドが発達することにより断線したりする。

【0020】また、このような結晶が不均一に配向した多結晶アルミニウムからなるAl電極は、高圧レベルの

信号を印加すると、表面弾性波による強い応力を受け、ストレスマイグレーションを起こす。ストレスマイグレーションが発生すると、電氣的短絡や、伝搬損失の増加や、たとえば、表面弾性波共振子(SAW共振子)のQ値の低下などの特性劣化が生じる。また、粒界拡散によるストレスマイグレーションによりアルミニウム電極が断線する。

【0021】また、特開平3-40510号公報に記載される表面弾性波素子では、耐マイグレーション特性の向上を図っているが、表面弾性波素子の電極として、アルミニウムを主体とする合金を用いている結果、ダイヤモンド層の表面上に電極材料を均一な結晶または、均一に近い結晶として形成することができず、なお耐マイグレーション特性が十分であるとはいえなかった。

【0022】従来の表面弾性波素子の製造方法では、電極をエッチングにより形成していたが、微細な配線を有する形を製造する際に、エッチングにより電極を形成するのが困難である場合もあった。

【0023】本発明は、以上のような問題を解決するためになされたものであって、電極が耐マイグレーション特性に優れ、断線しにくいとともに、電氣的抵抗の小さい表面弾性波素子およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】本発明に従う表面弾性波素子は、ダイヤモンド層と、ダイヤモンド層上に形成される圧電体薄膜と、特定の波長の表面弾性波を発生させ、これを取り出すための1対の電極とを備える表面弾性波素子であって、電極の少なくとも一方がダイヤモンド層の表面上に気相成長によりエピタキシャル成長させた銅電極であることを特徴とする。

【0025】ダイヤモンド層は、好ましくは、単結晶ダイヤモンド層または高度配向性多結晶ダイヤモンド層である。

【0026】また、本発明に従う表面弾性波素子の製造方法は、基板上に気相合成によりダイヤモンド層を形成する工程と、ダイヤモンド層の表面上に気相成長により所定形状の銅電極を形成する工程とを備える。

【0027】上記所定形状の銅電極を形成する工程は、好ましくは、ダイヤモンド層の表面上に所定形状の電極パターンの反転パターンを形成する工程と、形成された反転パターンをマスクにし、露出するダイヤモンド層表面上に銅を気相成長する工程とを備える。

【0028】

【作用】ダイヤモンドの格子定数は、約3.567Åであり、Cuの格子定数は、約3.620Åである。そして、Cuのダイヤモンドの対する格子不整合は1.5%である。

【0029】このように、銅とダイヤモンドとは格子不整合が小さく、Cuをダイヤモンド上に気相成長する際

に、銅をエピタキシャル成長させることができる。

【0030】この結果、ダイヤモンド層として、ダイヤモンド単結晶層を用い、ダイヤモンド単結晶の表面上に気相成長により銅電極を形成すると、銅電極は、結晶が、単結晶ないし単結晶に近い均一な結晶とすることができ、エレクトロマイグレーションやストレスマイグレーションに対し非常に強くなる。

【0031】また、ダイヤモンド層として、高度配向性のダイヤモンド単結晶層を用い、高度配向性のダイヤモンドを多結晶層の表面上に気相成長により銅電極を形成すると、銅電極は単結晶に近い均一な結晶とすることができ、エレクトロマイグレーションやストレスマイグレーションに対し非常に強くなる。

【0032】本発明に従う表面ダイヤモンド素子の銅電極は、結晶が単結晶ないし単結晶に近い均一な結晶であるため、エレクトロマイグレーションによりボイドが形成される原因となる粒界の滑り面が形成されず、または、形成され難いため、ボイドが発達することによって生じる銅電極の断線が生じにくい。

【0033】また、本発明に従う表面弾性波素子の銅電極は、結晶が単結晶ないし単結晶に近い均一な結晶であるため、粒界拡散によりストレスマイグレーションによる特性劣化や、断線が生じにくい。

【0034】また、銅は、アルミニウムに比べ電気抵抗が小さく、表面弾性波素子の電極材料として、アルミニウムにより優れている。

【0035】

【実施例】以下、本発明に従う表面弾性波素子の製造方法の一実施例について、図面を用いて説明する。

【0036】図1および図2は、本発明に従う表面弾性波素子の製造方法の一実施例を概略的に説明する工程図である。

【0037】図1を参照して、図1(a)において、ダイヤモンド薄膜を形成する基板1を準備する。ダイヤモンド薄膜を形成する基板1としては、特に限定されないが、たとえば、Si、Mo、W、GaAs、および、 $\text{LiNbO}_3$ などの半導体材料および無機材料の基板を用いることができる。

【0038】次に、図1(b)において、基板1上にダイヤモンド薄膜2を形成する。ダイヤモンド薄膜2を基板1上に形成する形成方法は、特に限定されないが、熱フィラメントCVD法等の熱CVD法、マイクロ波プラズマCVD法、プラズマCVD法や、スパッタ等の方法を用いることができる。原料ガスを分解励起して、ダイヤモンドを気相合成法で成長させる方法としては、たとえば、(1)熱電子放射材を1500K以上の温度に加熱して原料ガスを活性化する方法、(2)直流、高周波、マスクはマイクロ波電界による放電を利用する方法、(3)イオン衝撃を利用する方法、(4)レーザなどの光を照射する方法、(5)原料ガスを燃焼させる方

法等がある。

【0039】この発明において、使用する原料物質としては、炭素含有化合物が一時的である。この炭素含有化合物は、好ましくは、水素ガスとの組合せで用いられる。また、必要に応じて、酸素含有化合物および/または不活性ガスを組合せて用いられる場合もある。

【0040】炭素含有化合物としては、たとえば、メタン、エタン、プロパン、ブタン等のパラフィン系炭化水素や、エチレン、プロピレン、ブチレン等のオレフィン系炭化水素は、アセチレン、アリレン等のアセチレン系炭化水素や、ブタジエン等のジオレフィン系炭化水素や、シクロプロパン、シクロブタン、シクロペンタン、シクロヘキサン等の脂環式炭化水素や、アセトン、ジエチルケトン、ベンゾフェノン等のケトン類、メタノール、エタノール等のアルコール類、トリメチルアミン、トリエチルアミン等のアミン類、炭酸ガス、一酸化炭素などを挙げるることができる。これらは、1種類を単独で用いることもできるし、2種類以上を併用することもできる。あるいは、炭素含有化合物はグラファイト、石炭、コークスなどの炭素原子のみからなる物質であってもよい。

【0041】酸素含有化合物としては、酸素、水、一酸化炭素、二酸化炭素、過酸化水素が容易に入手できるゆえ好ましい。

【0042】不活性ガスは、たとえば、アルゴン、ヘリウム、ネオン、クリプトン、キセノン、ラドンである。

【0043】基板1上に単結晶ダイヤモンド層を形成するには、たとえば、ダイヤモンド単結晶基材を気相合成する核として用い、上記した気相合成法等の条件を制御することにより、ダイヤモンド単結晶基材上に、ダイヤモンド薄膜をエピタキシャル成長させることにより形成することができる(たとえば、そのような文献として、C. Wild et al, 2nd International Symposium Diamond Materials, p. 224~(1991)参照)。

【0044】また、基板1上に高度配向性多結晶ダイヤモンド層を形成するには、たとえば、面方位を揃えた複数のダイヤモンド単結晶基材を基板1上に配列しておき、この面方位を揃えた複数のダイヤモンド単結晶基材が配列された基板1上に、上記した気相合成法等の条件を制御することにより、ダイヤモンド薄膜をエピタキシャル成長させることにより形成することができる(たとえば、そのような文献として、M. W. Geis Diamond and Related Materials, Vol. 1, p. 684~(1992)参照)。

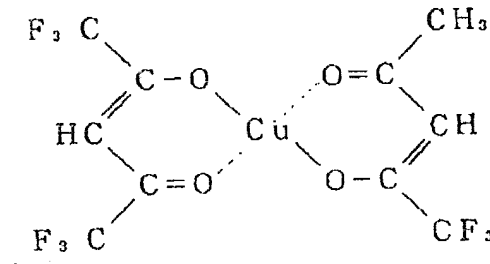
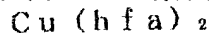
【0045】次に、図1(c)において、基板1上に形成されたダイヤモンド薄膜2の結晶成長の終了面2eを鏡面研磨加工する。

【0046】次に、図1(d)において、ダイヤモンド薄膜2の結晶成長の終了面2e上にマスク材3を均一に

形成する。マスク材3の材料としては、特に限定されるものではないがたとえば、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 等を用いることができる。

【0047】マスク材3として、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 等を用いるのは、後の工程において、銅を選択メタルCVD法を用いてダイヤモンド薄膜2の結晶成長の鏡面加工した終了面2e上に気相成長させるためである（たとえば、そのような文献として、Y. Arita, et al., IEEE IEDM90, p. 39~p. 42および、T. Ohmi, et al., IEEE IEDM90, P. 285~p. 288参照）。ダイヤモンド薄膜2の表面上にマスク材3を均一に形成するには、公知のCVD法、スパッタ法、蒸着等の方法を用いることができる。

【0048】次に、図1(e)において、マスク材3の表面上にレジスト材4を均一に塗布する。このようなレジスト材4の材料としては、特に限定されるものではないが、たとえば、感光性高分子等のフォトレジスト等を用いることができる。フォトレジスト材の材料としては、ノボラック・ナフトキノンジアジド系のポジ型フォトレジスト材料や、環化イソプレングムと芳香族ビスアジドからなるネガ型フォトレジスト材料等の通常のフォ



【式中、h f aは、ヘキサフルオロアセチルアセテートである】

【0053】そして、マスク材として、たとえば、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 、等を用いることにより、露出するダイヤモンド薄膜2の表面上に銅を気相成長させることができる。この成長は、選択エピタキシャル成長となる。

【0054】次に、図2(d)において、マスク材3をエッチング除去する。このようなエッチング方法としては、ウェットエッチング法や、ドライエッチング法や、反応性イオンエッチング法等を用いることができる。

【0055】次に図2(e)において、圧電体薄膜8をCVD法によって形成する。この発明に用いられる圧電体薄膜8としては、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ 、 $(\text{Pb}, \text{La})(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ 、 $\text{LiTiO}_3$ 、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{BeO}$ 、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 、 $\text{KNbO}_3$ 、 $\text{ZnS}$ 、※50

\*トレジスト材料を用いればよい。レジスト材4の塗布方法は、スピコート法やナイフコート法の通常の塗布方法を用いればよい。

【0049】次に、図1(f)において、リソグラフィ法を用いて、レジスト材4に電極パターンの反転パターンのレジストパターンを形成する。UV（紫外光）等を用いてもよく、また、電子ビーム（EV）によって、直接、レジスト材4を描画・感光させてレジストパターンを形成してもよい。

【0050】次に、図2(a)において、マスク材3をエッチングする。このようなエッチング方法としては、反応性イオンエッチング法等の通常のエッチング方法を用いればよい。

【0051】次に、図2(b)において、レジスト材4を除去する。次に、図2(c)において、マスク材3に形成されたマスクパターンに従って、ダイヤモンド薄膜2上に気相成長により銅電極6、7を選択エピタキシャル成長させる。銅を気相成長させる原料としては、銅鋳体、たとえば、下記の化学式で示される銅鋳体を用いることができる。

【0052】

【化1】

※ $\text{ZnSe}$ 、および $\text{CdS}$ などを主成分とするものを使用することができる。圧電体薄膜8は、高度に配向した多結晶がより好ましい。

【0056】なお、本実施例では、ダイヤモンド薄膜2の表面上に、銅を選択メタルCVD法を用い、銅電極6、7を気相成長する工程を示している。この銅電極6、7を形成する工程は、従来のダイヤモンド薄膜2の表面上に均一に銅を気相成長により成膜した後、銅薄膜の表面上にレジスト材を均一に塗布し、リソグラフィとエッチングを用い銅電極を作製してもよい。しかしながら、本実施例によれば、マスク材に電極パターンの反転パターンのマスクパターンを形成した後、反転パターンに従って、ダイヤモンド薄膜の表面上に銅電極を選択的に気相成長させている結果、高精度、電極に加工損傷の



少ない電極を形成することができる。

【0057】特に、本発明に従う表面弾性波素子の製造方法は、微細配線の電極を有する表面弾性波素子を製造する際に有用である。

#### 【0058】実施例1

以下、本発明の一具体例を例示的に説明する。

【0059】まず、シリコン基板上に(110)配向が交差的なダイヤモンド薄膜を、熱フィラメントCVD法により、以下の条件で形成した。

#### 【0060】

(実験条件)

原料ガス(流量) :  $\text{CH}_4 / \text{H}_2 = 3\% (2\text{SLM})$

ガス圧 : 80 Torr

フィラメント温度 : 2200°C

基板温度 : 960°C

以上の条件により、シリコン基板上に(110)配向の強いダイヤモンド薄膜を形成することができた。

【0061】ダイヤモンド薄膜を50 $\mu\text{m}$ の厚さに成長させた後、ダイヤモンド薄膜の結晶成長の終了面2e側を、鏡面加工した。

【0062】次に、鏡面加工したダイヤモンド薄膜の表面上に、CVD法により $\text{SiO}_2$ のマスク材を膜厚0.2 $\mu\text{m}$ で均一に被着した。

【0063】次に、マスク材の表面上にPMMAを滴下し、スピンコート法によりレジスト層を膜厚1.1 $\mu\text{m}$ で均一に塗布した。アブリベイクの後、所望の電極パターンを形成したフォトマスクを用い、UV(紫外光)を照射して、前記レジスト層を露光し、現像、リンス、ポストベイクし、前記レジスト層にフォトマスクに形成した電極パターンと反転パターンのレジストパターンを形成した。

【0064】次に、レジストパターンに従って、反応性イオンエッチング法により、 $\text{SiO}_2$ をエッチングした。反応ガスとしては、たとえば、 $\text{CF}_4$ と $\text{H}_2$ の混合ガスや、 $\text{CHF}_3$ と $\text{O}_2$ との混合ガス等を用いればよい。反応性イオンエッチングは、ダイヤモンド薄膜の表面を露出するまで行なった。

【0065】次に、通常の方法に従ってレジスト法を除去し、ダイヤモンド薄膜の表面上にフォトマスクに形成した電極パターンと反転パターンのマスクパターンを形成した。

【0066】次に、マスクパターンを有するダイヤモンド薄膜の表面上に銅を気相成長により選択的に成長させた。

【0067】まず、反応室にノズルを用い、 $\text{Cu}(\text{hfa})_2$ を、水蒸気に溶解して導入した。

【0068】反応室の圧力を約2000Paに維持し、基材11の温度を350°C、ノズルの温度を120°C、反応室の温度を70°Cに保持し、Cu薄膜をマス

クパターンに従って、ダイヤモンド薄膜の表面上に選択成長させた。形成した銅電極の薄膜の膜厚は、0.1 $\mu\text{m}$ であり、この操作により、ダイヤモンド薄膜の表面上に銅電極に気相成長させることができた。

【0069】次に、 $\text{SiO}_2$ をエッチング除去した。この $\text{SiO}_2$ の除去は、反応性イオンエッチング法により行なった。反応ガスとしては、たとえば、 $\text{CF}_4$ と $\text{H}_2$ との混合ガスや、 $\text{CHF}_3$ と $\text{O}_2$ との混合ガス等を用いればよい。

10 【0070】上記操作により、ダイヤモンド薄膜の表面上に銅電極を気相成長させることができた。この銅電極を取り出して観察したところ、ほぼ一体の単結晶となっていた。単結晶となっているか否かの判断は、X線解析法を用いて行なった。この判定は、電子線分析を用いて行うこともできる。

【0071】なお、作製した銅電極は、膜厚が1000Åであり、電極幅、および電極間隔が2 $\mu\text{m}$ の櫛形電極であった。

【0072】次に、この櫛形電極を作製したダイヤモンド薄膜の上に、圧電体薄膜として、ZnO薄膜を0.9 $\mu\text{m}$ の厚みで形成した。ZnO薄膜は、マグネトロンスパッタ装置を用いて形成した。

【0073】比較例1として、実施例1と同一形状、同一サイズの櫛形電極をアルミニウムを用いて形成する以外は、実施例1と同様の表面弾性波素子を作製した。

【0074】比較例2として、実施例1と同一形状、同一サイズの櫛形電極をアルミニウム中にSiを0.5%、Cuを1.0%添加したアルミニウムを主体とするアルミニウム合金を用いて形成する以外は、実施例1と同様の表面弾性波素子を作製した。

30 【0075】なお、比較例1、比較例2の櫛形電極のそれぞれは、従来の方法で作製した。以上のようにして得られた実施例1、比較例1、ならびに、比較例2の表面弾性波素子について、それぞれ、表面弾性波応力(SAW応力)が $1.5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ になるように高周波を印加し、それぞれの表面弾性波素子の特性劣化を測定した。

【0076】この特性劣化の判断は、表面弾性波の中心周波数が、500kHzずれるまでの時間を測定することにより行なった。

【0077】実施例1では、50時間まで表面弾性波素子の特性劣化が観察されなかった。これに対し、比較例1は、2時間で表面弾性波素子の特性劣化が観察され、また、比較例2は、10時間で表面弾性波素子の特性劣化が観察された。

【0078】以上の結果より明らかなように、本発明に従う表面弾性波素子は、従来の表面弾性波素子に比べ、耐マイグレーション特性が著しく向上している。本発明に従う表面弾性波素子は、耐マイグレーション特性が著しく向上している結果、特性劣化やひび線等を生じにく

く、良好な信頼性を有する。

【0079】

【発明の効果】本発明に従う表面弾性波素子は、上述した構成を有する結果、耐マイグレーション特性に優れている。

【0080】また、本発明に従う表面弾性波素子の銅電極は、エピタキシャル成長をする。したがって、ダイヤモンド単結晶層または高度配向性多結晶ダイヤモンド層上に本発明に従って気相成長させた銅電極は、単結晶ないし単結晶に近い均一な結晶構造を有する結果、ボイドの発生等が生じにくく、電極が断線しにくい。

【0081】また、本発明に従う表面弾性波素子は、耐マイグレーション特性に優れている結果、不良を生じにくく、高い信頼性を有し、また、耐用寿命が長い。

【0082】また、本発明に従う表面弾性波素子の製造方法は、上記した構成を有する結果、ダイヤモンド層の表面上に、高精度、加工損傷の少ない、高アスペクト比を有し、かつ、エピタキシャル成長させた銅電極を形成することができる。本発明に従う表面弾性波素子の製造方法は、サブミクロンの微細な銅電極を形成するのに特

に有用である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従う表面弾性波素子の製造方法の一実施例を概略的に説明する工程図である。

【図2】本発明に従う表面弾性波素子の製造方法の一実施例を概略的に説明する工程図である。

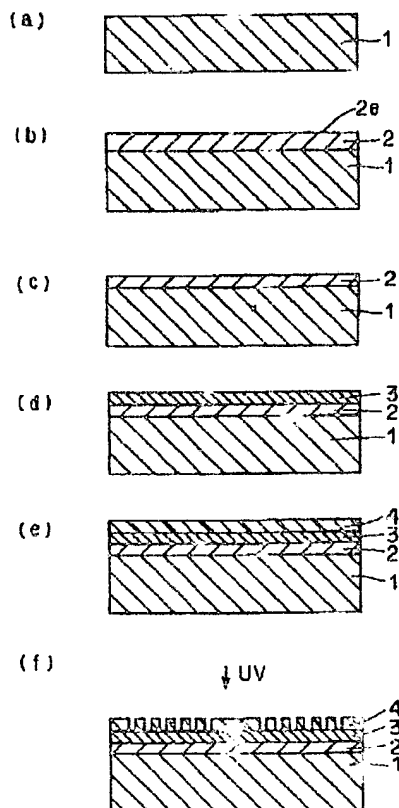
【図3】従来の表面弾性波素子を概略的に示す斜視図である。

【図4】従来のダイヤモンドを用いた表面弾性波素子を概略的に示す断面図である。

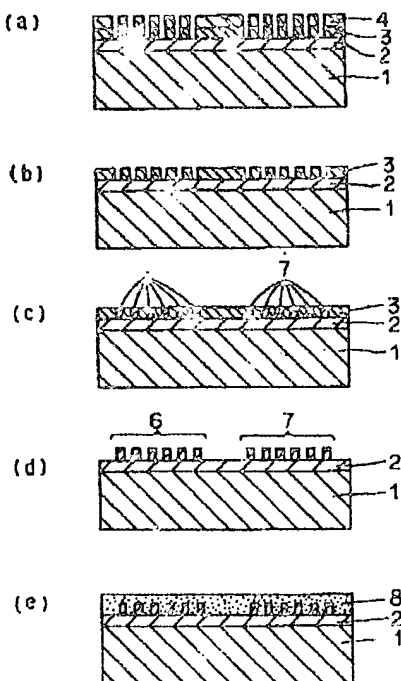
【符号の説明】

1、31	基板
2、32	ダイヤモンド薄膜
3	マスク材
4	レジスト材
6、7	銅電極
8、38	圧電体薄膜
20、30	表面弾性波素子
26、27、36、37	櫛形電極
28	圧電体

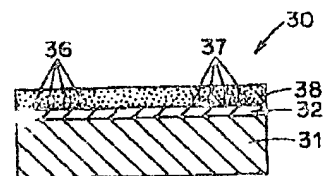
【図1】



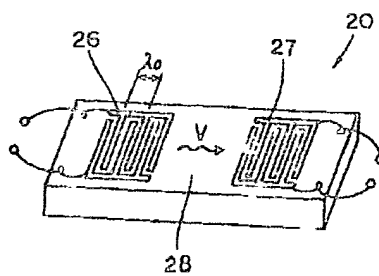
【図2】



【図4】



【図3】



---

フロントページの続き

(72)発明者 絵垣 賢次郎  
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内